Вестник Донского государственного технического университета. 2019. Т. 19, № 3. С. 256–261. ISSN 1992-5980 eISSN 1992-6006
Vestnik of Don State Technical University. 2019. Vol. 19, no. 3, pp. 256–261. ISSN 1992-5980 eISSN 1992-6006



УДК 631/635 https://doi.org/10.23947/1992-5980-2019-19-3-256-261

Сравнение графического выражения зависимостей профиля среза транспортирующего устройства молотильно-сепарирующего агрегата от секундного объема и влажности колосовой фракции*

А. Г. Дьяченко[1], Т. П. Савостина[2], С. Б. Имад[3]**
[1, 2] Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация
[3] Университет Алеппо, г. Алеппо, Сирийская Арабская Республика

Comparison of graphic expression of dependences of transporter cut profile of threshing-separating unit on the second volume and spike fraction humidity***

A. G. Dyachenko [1], T. P. Savostina[2], S. B. Imad[3]**
[1, 2] Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation
[3] University of Aleppo, Aleppo, Syrian Arab Republic

Введение. Обмолот представляет собой многофакторный процесс, на который влияют, в частности, скорость подачи растительной массы, удельный вес обмолоченного зерна и недомолота, показатели сепарации, засоренность и влажность растительной массы. С этой точки зрения актуальны и вопросы оптимизации профиля среза транспортирующего устройства, которая позволяет проводить обмолот и сепарацию с наименьшими усилиями. Опытным путем установлено также, что на процесс обмолота влияют объем подаваемого зернового материала за секунду (секундная подача) и скорость движения агрегата.
Материалы и методы. Исследования проводились на испытательном стенде, оснащенном молотильно-сепарирующим устройством в форме однополостного гиперболоида. При выполнении представленной работы ширина барабана была разделена на три зоны, а длина — на пять ячеек. Зерно пшеницы, полученное при обмолоте и сепарации в каждой зоне и ячейке, поступало в отдельные контейнеры. Солома собиралась отдельно. Затем зерно и солома взвешивались. Полученные в итоге данные обрабатывались статистическими и математическими методами.
Результаты исследования. Рассчитаны длины каждой ячейки исходя из отношения суммарной сепарации и количества зерновой массы, приходящейся на единицу длины. Вычислены длины каждой ячейки в зависимости от изменения влажности. Показатели соотношения влажности массы и длин ячеек представлены в виде таблицы. По заданным табличным значениям для различных уровней влажности зерновой массы построены графики, каждый из которых описан математической моделью, учитывающей длину и ширину барабана. Представлен усредненный профиль среза для обрабатываемой растительной массы влажностью 8%, 12%, 16%, 20%, 24%.
Обсуждение и заключения. Анализ данных этой и более

Introduction. Threshing is a multifactorial process which is affected, in particular, by the feedrate of the crop, the specific weight of the threshed grain and return, separation rates, weediness and moisture of the crop. From this point of view, the issues of optimizing the profile of the transporter cut, which allows for threshing and separation with the least effort, are also relevant. It was also experimentally established that the threshing process is affected by the volume of grain material delivered per second (second feed) and the unit velocity.
Materials and Methods. The studies were conducted on a test bench equipped with a threshing-separating device in the form of a single-cavity hyperboloid. When performing the work, the width of the drum was divided into three zones, and the length – into five cells. Wheat grain, obtained through threshing and separation in each zone and cell, came to individual containers. Straw was collected separately. Then, the grain and straw were weighed. The resulting data was processed by statistical and mathematical methods.
Research Results. The lengths of each cell were calculated based on the ratio of the total separation and the amount of grain mass per unit length. The lengths of each cell were calculated depending on changes in humidity. Indicators of the ratio between mass humidity and cell length are presented in the form of a table.
By the given table values for different moisture levels of the grain mass, graphs were constructed, each of which was described by a mathematical model considering the drum length and width. An averaged cut profile is presented for the treated plant mass with humidity of 8%, 12%, 16%, 20%, and 24%.
Discussion and Conclusions. Analysis of the data in this paper and earlier ones provides the comparison of the graphic expres-





*Работа выполнена в рамках инициативной НИР.
** E-mail: Dyachenko_aleshka@bk.ru, kovtanya@yandex.ru, Imad12sb@gmail.com
*** The research is done within the frame of the independent R&D.

ранних работ позволил сравнить графическое выражение зависимостей профиля среза транспортирующего устройства от секундного объема и влажности поступающего на него зернового вороха. Установлено, что кривые профиля среза идентичны по всей длине барабана. Коэффициент достоверности близок к 1, что говорит о точности модели. Очевидна идентичность усредненных профилей среза в зависимости от влажности растительной массы и от секундной подачи.

sion of the dependences of the transporter cut profile on the second volume and humidity of the grain mass entering it. It has been established that the cut profile curves are identical along the entire length of the drum. The confidence factor is close to 1, which indicates the accuracy of the model. The identity of the averaged cut profiles is obviously dependent on moisture of the plant mass and on the second feed.

Ключевые слова: молотильно-сепарирующее устройство, зерновой ворох, колосовая фракция, подача растительной массы, транспортирующее устройство, профиль среза транспортирующего устройства, недомолот, сепарация, засоренность, влажность.

Keywords: threshing and separating device, grain mass, spike fraction, plant mass input, transporter, cut profile, return, separation, weediness, humidity.

Образец для цитирования: Дьяченко, А. Г. Сравнение графического выражения зависимостей профиля среза транспортирующего устройства молотильно-сепарирующего агрегата от секундного объема и влажности колосовой фракции / А. Г. Дьяченко, Т. П. Савостина, С. Б. Имад // Вестник Дон. гос. техн. ун-та. — 2019. — Т. 19, № 3. — С. 256‒261. https://doi.org/10.23947/1992-5980-2019-19-3-256-261

For citation: A.G. Dyachenko, et al. Comparison of graphic expression of dependences of transporter cut profile of threshing-separating unit on the second volume and spike fraction humidity. Vestnik of DSTU, 2019, vol. 19, no. 3, pp. 256‒261. https://doi.org/10.23947/1992-5980-2019-19-3-256-261

Введение. Улучшение качественных показателей зерна — один из важных факторов повышения урожайности [1, 2]. В процессе зерноуборочных работ, особенно обмолота, происходит сильное повреждение зерен [3]. В зерноуборочном комбайне зерно отделяется от соломенных примесей. На этом этапе зерна получают повреждения, ухудшается их качество, происходят количественные потери [4].

Можно сократить негативное воздействие названных факторов, если в процессе обмолота увеличить путь прохождения массы равномерным слоем по всей длине барабана. Проведенные ранее исследования показали, что обмолачиваемое зерно проходит более плотным слоем в середине барабана [5], и в этой зоне увеличивается сепарация. Ближе к краям барабана масса значительно менее плотная, и объем отделенного зерна здесь в 2–3 раза меньше, чем в середине [6, 7]. С этой точки зрения наиболее перспективной представляется конструкция молотильно-сепарирующего устройства тангенциально-аксиального типа, который равномерно распределяет обмолачиваемую массу по всей длине барабана.

Потери при обмолоте и сепарации зависят от качественных показателей зерна и от технических характеристик барабана [8, 9]. Актуальна также оптимизация профиля среза транспортирующего устройства, которая позволяет проводить обмолот и сепарацию с наименьшими усилиями. Профиль среза транспортирующего устройства — это часть транспортной доски сепаратора, предназначенная для равномерного и непрерывного перемещения колосовой фракции по ширине тангенциально-аксиального молотильно-сепарирующего устройства в виде гиперболоида вращения.

В свое время была установлена зависимость профиля среза от частоты вращения режущего рабочего органа, высоты его установки и угла наклона режущих элементов жатки [10]. Кроме того, опытным путем установлено, что на процесс обмолота также влияют объем подаваемого зернового материала за секунду (секундная подача) [8], а также скорость движения агрегата [11].

Цель исследования — создание математической модели процесса обмолота при равномерной подаче обрабатываемой массы по всей длине молотильно-сепарирующего барабана.

Материалы и методы. Исследования проводились на испытательном стенде, оснащенном молотильно-сепарирующим устройством в форме однополостного гиперболоида (рис. 1).

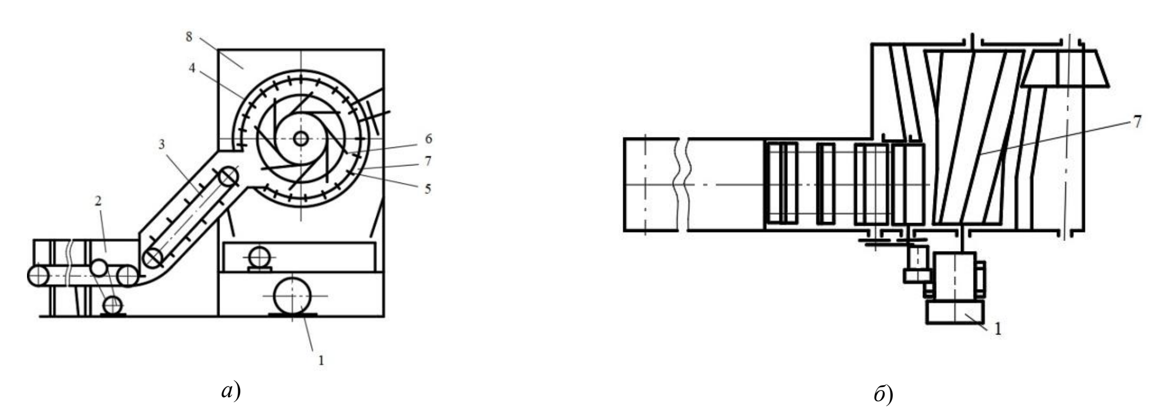


Рис. 1. Схема стенда, оснащенного молотильно-сепарирующим устройством: вид сбоку (*а*); вид сверху (*б*)

Стенд состоит из электродвигателя 1. От него через ременную передачу на приводной барабан 4 передается вращение. На барабане установлено молотильно-сепарирующее устройство. Его форма представляет собой вращающийся однополостный гиперболоид 7. Молотильно-сепарирующее устройство 7 состоит из отбойных битеров 6 и деки 5. Испытательный стенд защищен кожухом 8. В загрузочную зону 2 поступает колосовая фракция. Эта масса по транспортерной ленте 3 подается к молотильно-сепарирующему устройству 7.

При выполнении научной работы ширина барабана была разделена на три зоны, а длина — на пять ячеек. Зерно пшеницы, полученное при обмолоте и сепарации в каждой зоне и ячейке, поступало в отдельные контейнеры для сбора. Солома собиралась отдельно. Затем зерно и солома взвешивались.

Данные, полученные в результате проведенного исследования, обрабатывались статистическими и математическими методами [10, 11].

Предварительные исследования [6, 7, 12] позволяют сделать следующее утверждение: по мере продвижения обмолачиваемого зернового вороха в молотильно-сепарирующем устройстве суммарная сепарация зерна увеличивается от первой зоны к третьей.

В рамках представленной работы профиль среза определен экспериментально.

Задача исследования — сравнить зависимости профиля от:
— объема подаваемого в секунду растительного материала;
— влажности растительного материала.

Ранее установлена взаимосвязь профиля среза и величины секундной подачи [13, 14], поэтому необходимо установить аналогичную зависимость профиля и уровня влажности обмолачиваемой массы. В табл. 1 представлены абсолютные величины сепарации по ячейкам в зависимости от влажности [12].

Таблица 1

Абсолютные суммарные значения сепарации по ячейкам в зависимости от влажности массы

Влажность зерна	$\sum S_1$	$\sum S_2$	$\sum S_3$	$\sum S_4$	$\sum S_5$	$\sum S$	Const
w = 8 %	10,8893	6,74	4,578	4,401	7,4922	34,1004	0,0341
w = 12 %	8,2186	5,291	3,603	3,264	5,3326	25,7084	0,02571
w = 16 %	6,7987	4,569	3,317	3,115	4,8956	22,6958	0,0227
w = 20 %	6,3305	4,172	3,154	2,916	4,4444	21,017	0,02102
w = 24 %	6,0782	3,906	3,029	2,786	4,2682	20,065	0,02007

Результаты и обсуждение. Для определения профиля среза должно быть выполнено следующее условие: сохранение постоянного (const) количества обрабатываемой массы на единицу длины молотильно-сепарирующего устройства. Величина постоянной определяется отношением суммарной сепарации к длине барабана L = 1200 мм. Методика определения была применена ранее при построении профилей среза, соответствующих различным величинам секундной подачи [14].

Для расчета длины каждой ячейки необходимо определить отношение суммарной сепарации и количества зерновой массы, приходящейся на единицу длины:

$$\ell_i = \frac{\sum S_i}{const}, \tag{1}$$

где $\sum S_i$ — величина абсолютной суммарной сепарации в i-й ячейке; const — объем обрабатываемой массы, приходящейся на единицу длины МСУ при заданной влажности растительной массы.

Подставляя значения из табл. 1 в формулу (1) и вычисляя длину каждой ячейки в зависимости от изменения влажности, получаем результаты, приведенные в табл. 2.

Таблица 2

Соотношение влажности массы и длин ячеек

Влажность зерна	ℓ_1, мм	ℓ_2, мм	ℓ_3, мм	ℓ_4, мм	ℓ_5, мм	$\sum \ell$, мм
w = 8 %	319,331	197,7	134,3	129,1	219,71	1000
w = 12 %	319,685	205,8	140,1	127	207,43	1000
w = 16 %	299,558	201,3	146,2	137,3	215,71	1000
w = 20 %	301,209	198,5	150,1	138,7	211,47	1000
w = 24 %	302,925	194,7	151	138,8	212,72	1000

Суммарная величина длин всех ячеек $\sum \ell$ равна ширине барабана B = 1000 мм.

Значения величин длин ℓ_i откладываются на графике по абсциссе и соответствуют i-м ячейкам длины барабана L.

По заданным табличным значениям для каждой из величин влажности зерновой массы были получены приближенные функции f (x). Каждый график, представленный на рис. 2, описан математической моделью зависимости длины барабана (L) от его ширины (B).

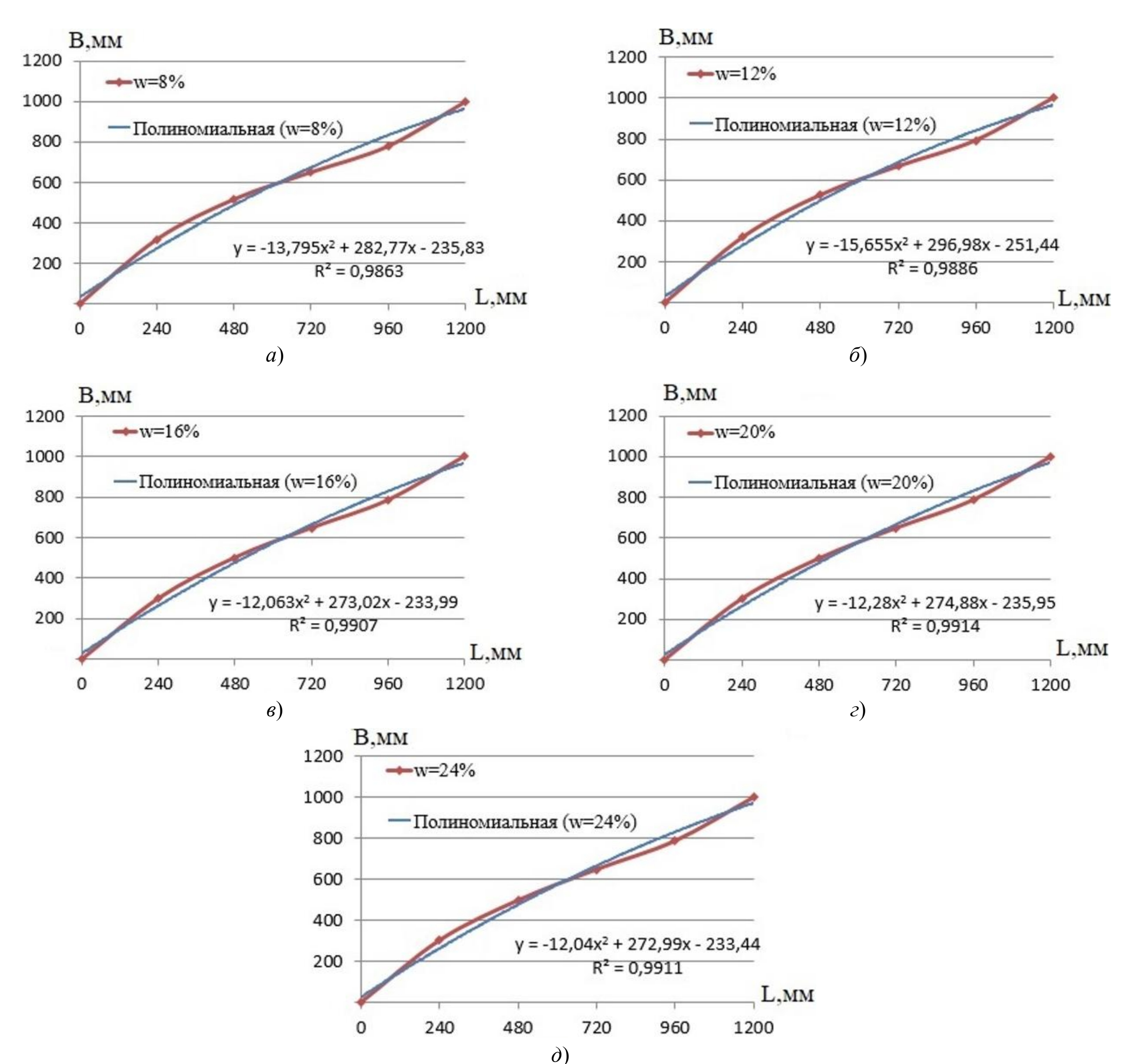


Рис. 2. Зависимость профилей среза от показателя влажности обрабатываемой массы:
8 % (*а*); 12 % (*б*); 16 % (*в*); 20 % (*г*); 24 % (*д*)

Из рис. 2 видна идентичность графиков. Следовательно, можно построить усредненный профиль среза для всего диапазона влажностей обрабатываемого зернового вороха. С этой целью величины длин каждой из ячеек суммируются и делятся на общее количество величин влажностей. По аналогии с предыдущими графиками строится усредненный профиль среза (рис. 3).

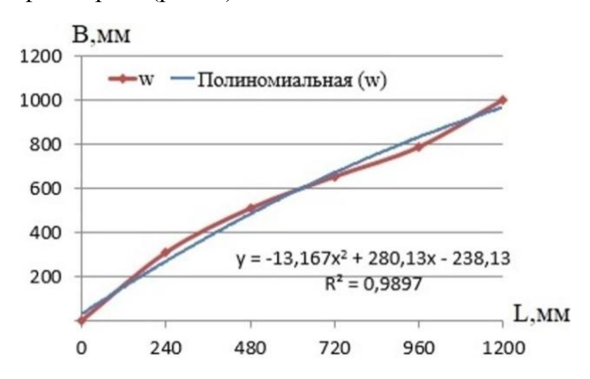


Рис. 3. Усредненный профиль среза для обрабатываемой растительной массы влажностью 8%, 12%, 16%, 20% и 24%

Данные рис. 3 сравниваются с полученным ранее усредненным профилем среза, обусловленного секундной подачей (рис. 4).

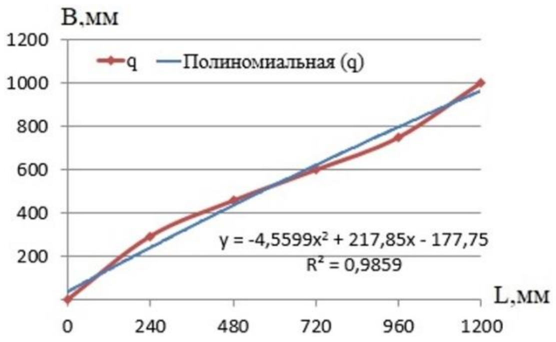


Рис. 4. Усредненный профиль среза для обрабатываемой растительной массы в зависимости от секундной подачи

Обсуждение и заключения

1. Из графиков рис. 2 видно, что при изменении влажности обрабатываемой растительной массы кривые профиля среза идентичны по всей длине барабана.

2. Коэффициент достоверности аппроксимации R^2 показывает степень соответствия трендовой модели исходным данным. Коэффициент достоверности близок к 1, что говорит о точности модели.

3. Очевидна идентичность усредненных профилей среза в зависимости от влажности растительной массы (рис. 3) и от секундной подачи (рис. 4).

Библиографический список

1. Krasnoshchekov, N.V. Innovative development of agricultural production in Russia / N. V. Krasnoshchekov. — Moscow : Rosinformagrotekh, 2009. — P. 388.

2. Maslov, G. G. Russian grain is not in high demand on the world market / G. G. Maslov // Chief Agronomist. — 2009. — № 11. — P. 6.

3. Lipovsky, M. I. Rotary combine harvester quality improving / M. I. Lipovsky // Agricultural machinery and technology. — 2014. — № 2. — P. 43.

4. Maslov, G. G. Grain crops complex harvesting perspectives: monograph / G. G. Maslov, A. V. Palapin, N. A. Rinas. — Krasnodar : Kuban State Agrarian University, 2014. — P. 87.

5. Зерноуборочная очесывающая машина : патент 2305395 Рос. Федерация : A01D 41/08 / Б. Ф. Тарасенко [и др.]. — № 2005131140/12 ; заявл. 07.10.05 ; опубл. 10.09.07, Бюл. № 25. — 6 с.

6. Антибас, И. Р. Исследование процесса обмолота тангенциально-аксиальным сепарирующим устройством в зависимости от распределения зерновой массы по зонам / И. Р. Антибас, А. Г. Дьяченко, Т. П. Савостина // Научное обозрение. — 2016. — № 23. — С. 87–91.

7. Антибас, И. Р. Влияние секундной подачи на процесс обмолота тангенциально-аксиальным молотильно-сепарирующим устройством / И. Р. Антибас, Т. П. Савостина // Научное обозрение. — 2017. — № 3. — С. 47–51.

8. Антибас, И. Р. Влияние параметров молотильно-сепарирующего устройства на обмолот / И. Р. Антибас, Т. П. Савостина, Б. И. Саед // Вестник Дон. гос. техн. ун-та. — 2017. — Т. 17, № 2 (89). — С. 108–115.

9. Антибас, И. Р. Моделирование профиля среза транспортирующего устройства / И. Р. Антибас, Т. П. Савостина // Состояние и перспективы развития сельскохозяйственного машиностроения : сб. ст. 11-й междунар. науч.-практ. конф. в рамках 21-й междунар. агропром. выставки «Интерагромаш-2018». — 2018.— С. 40–42.

10. Combination cone penetration resistance/water content instrumentation to evaluate cone penetration-water content relationships in tillage research / D.-R. Lapen [et al.] // Soil & Tillage Research. — 2003. — № 58. — P. 193–206.

11. Salloum, W. Design of Penetrometer Cone for Measuring Soil Penetration Resistance and Determine Soil Porosity / W. Salloum, H. Bahlawan // Research Journal of Aleppo University. — 2009. — № 76. — P. 40–57.

12. Дьяченко, А. Г. Влияние влажности обмолачиваемого материала на процесс обмолота / А. Г. Дьяченко, Т. П. Савостина // Инновационные технологии в науке и образовании (ИТНО-2017) : мат-лы V Междунар. науч.-практ. конф. — Ростов-на-Дону : ДГТУ-Принт, 2017. — С. 88–91.

13. Савостина, Т. П. Профиль среза транспортирующего устройства от величины подачи хлебной массы / Т. П. Савостина, А. Г. Дьяченко // Состояние и перспективы развития сельскохозяйственного машиностроения : сб. ст. 11-й междунар. науч.-практ. конф. в рамках 21-й междунар. агропром. выставки «Интерагромаш-2018». — Ростов-на-Дону : ДГТУ-Принт, 2018. — С. 44–46.

14. Савостина, Т. П. Оптимизации профиля среза транспортирующего устройства от величины секундной подачи / Т. П. Савостина, Б. И. Саед // Вестник Дон. гос. техн. ун-та. — 2017. — Т. 17, № 4 (91). — С. 44–49.

Сдана в редакцию 22.01.2019
Принята к публикации 12.04.2019

Об авторах:

Дьяченко Алексей Геннадьевич,
доцент кафедры «Основы конструирования машин» Донского государственного технического университета (РФ, 344010, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), кандидат технических наук, доцент,
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-9934-4193
alexey-a2@mail.ru

Савостина Татьяна Петровна,
старший преподаватель кафедры «Основы конструирования машин» Донского государственного технического университета (РФ, 344010, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1),
ORCID: http://orcid.org/0000-0001-5550-7624
kovtanya@yandex.ru

Саед Бакир Имад,
доцент кафедры «Сельскохозяйственное машиностроение» Сирия, Алеппо, Алеппо университет (Сирия, Алеппо, Алеппо университет), доктор технических наук,
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-3855-7691
Imad12sb@gmail.com